

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年1月16日 (16.01.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/005451 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 29/78

(72) 発明者: および

(21) 国際出願番号:

PCT/JP02/06355

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 二瓶 史行 (NIHEY,Fumiyuki) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

(22) 国際出願日:

2002年6月25日 (25.06.2002)

(74) 代理人: 金田 幡之, 外 (KANEDA,Nobuyuki et al.); 〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目9番20号第16興和ビル8階 Tokyo (JP).

(25) 国際出願の言語:

日本語

(81) 指定国(国内): CN, KR, US.

(26) 国際公開の言語:

日本語

(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(30) 優先権データ:

特願2001-204182 2001年7月5日 (05.07.2001) JP

添付公開書類:

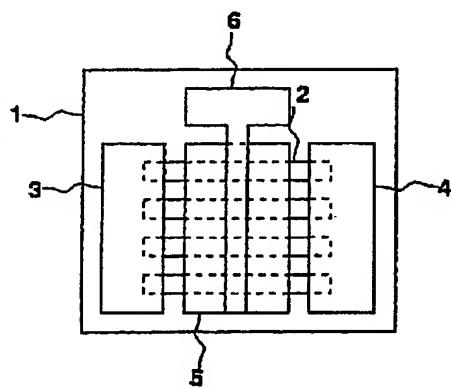
(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電気  
株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒108-8001  
東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).

— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: FIELD-EFFECT TRANSISTOR CONSTITUTING CHANNEL BY CARBON NANO TUBES

(54) 発明の名称: カーボンナノチューブによりチャネルを構成する電界効果トランジスタ



(57) Abstract: A field-effect transistor including a channel arranged on a substrate, a source electrode connected to the starting end of the channel, a drain electrode connected to the terminating end of the channel, an insulator arranged on the top or side of the channel, and a gate electrode arranged via the insulator on the top or side of the channel, wherein the channel is composed of a plurality of carbon nano tubes.

(57) 要約:

基板の上に設置されたチャネルと、チャネルの始端に接続されたソース電極と、チャネルの終端に接続されたドレイン電極と、チャネルの上あるいは側面に設置された絶縁体と、絶縁体を介してチャネルの上あるいは側面に設置されたゲート電極からなる電界効果トランジスタにおいて、チャネルが複数のカーボンナノチューブにより構成されている。

WO 03/005451 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCT gazetteの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## カーボンナノチューブによりチャネルを構成する電界効果トランジスタ

## 技術分野

本発明は、非常に高い周波数のデジタル電気信号あるいはアナログ電気信号を制御あるいは増幅するための電界効果トランジスタに関する

## 背景技術

近年の情報処理や通信などの高速化にともない、100GHz 以上の非常に高い周波数のデジタル電気信号あるいはアナログ電気信号を制御あるいは増幅する電子デバイスの需要が高まっている。

上記の目的に用いられる代表的な電子デバイスとしてG a A s 等の III-V 属化合物電界効果トランジスタがある。典型的な電界効果トランジスタの断面の模式図を第6図に、上面の模式図を第7図に示す。第6図および第7図において、1は基板、2はチャネル、3はソース電極、4はドレイン電極、5は絶縁体、6はゲート電極である。チャネルは一般的に半導体で構成され、チャネルには電気伝導に寄与する荷電粒子が存在する。荷電粒子は電子あるいは正孔である。

電界効果トランジスタはゲート電極に入力される電圧信号を、ソース電極あるいはドレイン電極から出力される電流信号に変換する装置である。ソース電極とドレイン電極との間に電圧を加えると、チャネルに存在する荷電粒子がソース電極とドレイン電極との間を電界方向に従って移動し、ソース電極あるいはドレイン電極から電流信号として出力される。電流信号はチャネルにおける荷電粒子の密度および速度に比例する。絶縁体を介してチャネルの上あるいは側面に接したゲート電極に電圧を加えると、チャネルに存在する荷電粒子の密度が変化するため、ゲート電圧を変化させる事により電流信号を変化させる事ができる。

電界効果トランジスタの動作速度は荷電粒子がチャネルを走行する時間で決定される。より正確には、チャネルのうち絶縁体を介してゲート電極に接した部分の長さ(ゲート長)を荷電粒子が走行する時間で決定される。ソース電極とドレイン電極との間の距離をチャネル長と定義する。

ン電極との間の電圧を増加する事によりチャネルに存在する荷電粒子の走行速度は増大する。しかし、走行速度の増加にともない散乱確率が増加するため、ある一定以上には速度が増大しない。その値を飽和速度という。電界効果トランジスタの動作速度の指標である遮断周波数  $f_T$  は、荷電粒子の飽和速度を  $v_s$ 、ゲート長を  $l_g$  として、 $f_T = v_s / 2\pi l_g$  で与えられる。

動作速度を増大、つまり遮断速度を増大させるには、飽和速度を増加させるか、あるいはゲート長を減少させればよい。ゲート長はゲート電極に対する微細加工技術によって決定され、現状では  $0.1 \mu\text{m}$  程度まで減少できる。飽和速度を増加させるには、高い飽和速度を持つ半導体をチャネルとして用いればよい。現在、ガリウム砒素がよく用いられており、その飽和速度は  $1 \times 10^7 \text{ cm/s}$  である。ゲート長を  $0.1 \mu\text{m}$  とすると、遮断周波数は  $160\text{GHz}$  となる。

近年の情報処理や通信などの高速化にともない、ガリウム砒素を材料とする電界効果トランジスタで処理できる周波数よりさらに高い周波数のデジタル電気信号あるいはアナログ電気信号を制御あるいは增幅する電子デバイスが必要となっている。そのため、飽和速度がさらに大きい材料を用いた電界効果トランジスタが必要となる。

### 発明の開示

本発明は、基板の上に設置されたチャネルと、チャネルの始端に接続されたソース電極と、チャネルの終端に接続されたドレイン電極と、チャネルの上に設置された絶縁体と、絶縁体を介してチャネルの上に設置されたゲート電極とからなる電界効果トランジスタにおいて、チャネルがカーボンナノチューブにより構成される事を特徴とする電界効果トランジスタを提供する。

また、カーボンナノチューブが半導体型であると、さらに効果的である。カーボンナノチューブとして単層カーボンナノチューブあるいは多層カーボンナノチューブのどちらでもよい。

また、チャネルに電荷供与体を添加した電界効果トランジスタを提供する。荷電供与体として、アルカリ金属を用いた電界効果トランジスタを提供する。また、ハロゲン分子を用いた電界効果トランジスタを提供する。

また、カーボンナノチューブをチャネルとする電界効果トランジスタにおいて、荷電粒子供与体がカーボンナノチューブに内包されている事を特徴とする電界効果トランジスタを提供する。フラー・レン類を内包したカーボンナノチューブをチャネルとする電界効果トランジスタを提供する。

不純物散乱や格子散乱が抑制される事によってカーボンナノチューブの飽和速度は  $8 \times 10^7 \text{ cm/s}$  にまで達する。これは、ガリウム砒素の 8 倍に相当する。この材料をチャネルとする事により 1THz 以上の遮断周波数を持つ電界効果トランジスタが得られる事を我々は見い出した。

カーボンナノチューブの直径は非常に小さいため、1 本の単層カーボンナノチューブに流すことのできる電流には限度があり、最大  $1 \mu\text{A}$  程度である。実用上は電界効果トランジスタの電流信号として  $1 \text{ mA}$  程度は必要である。しかし、複数本のカーボンナノチューブを配列したものをチャネルとして構成する事によって実用に耐えうる電界効果トランジスタを提供できる。配列するカーボンナノチューブは 10 本から 10 万本である。

通常の電界効果トランジスタにおいては、あるゲート電圧（しきい値電圧）を境界としてスイッチング動作をする。その電圧値はチャネル自身の特性および荷電粒子供与体により決定される。しきい値電圧を調整する事を目的として、チャネルに荷電粒子供与体を添加することができる。

通常、荷電粒子供与体には、電子供与体および正孔供与体がある。電子供与体として、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、セシウムなどのアルカリ金属が有効である事がわかっている。また、正孔供与体として、塩素、臭素、ヨウ素などのハロゲン原子あるいはハロゲン分子が有効である事がわかっている。また、分子も荷電粒子供与体として働き、例えばアンモニア、塩化ベンザルコニウムは電子供与体として、酸素分子は正孔供与体として働く。電子供与体を添加すると  $n$  型の電界効果トランジスタとして動作し、その添加量を増やすことにより閾値電圧を負方向に調整できる。また、正孔供与体を添加すると  $p$  型の電界効果トランジスタとして動作し、その添加量を増やすことにより閾値電圧を正方向に調整できる。

荷電粒子供与体は、カーボンナノチューブの外部に存在してもよいし、カーボ

ンナノチューブが内包してもよい。荷電粒子供与体がカーボンナノチューブに内包されると外界からの影響が受けにくくなり、安定した電気特性が得られる

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例である電界効果トランジスタの断面の模式図である。

第2図は発明の第1の実施例である電界効果トランジスタの上面の模式図である。

第3図は本発明の第1の実施例において導電性基板の上に絶縁膜を設置した電界効果トランジスタの断面の模式図である。

第4図は本発明の第2の実施例である電界効果トランジスタの上面の模式図である。

第5図は本発明の第3の実施例である電界効果トランジスタの上面の模式図である。

第6図は従来例である電界効果トランジスタの断面の模式図である。

第7図は従来例である電界効果トランジスタの上面の模式図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図は、本発明の電界効果トランジスタの第1の実施例の断面構造を示す模式図である。第2図は第1の実施例の上面の模式図である。第1図および第2図において、1は基板、2はチャネル、3はソース電極、4はドレイン電極、5は絶縁体、6はゲート電極である。

基板は絶縁性基板あるいは半導体性基板であればよい。絶縁性基板として、たとえば酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化チタン、フッ化カルシウム、アクリル樹脂、エポキシ樹脂等の絶縁性樹脂、ポリイミド、テトラフルオロエチレン樹脂等を用いればよい。半導体基板としては、たとえばシリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素、インジウム燐、炭化シリコン等を用いればよい。基板表面は平坦である事が望ましい。

第3図のように導電性基板の上に絶縁膜を形成した構造をとってもよい。この場合、導電性基板は第2のゲート電極としても作用させる事ができる。

複数のカーボンナノチューブをソース電極とドレイン電極の間に配列させる事によりチャネルとする。カーボンナノチューブの合成方法については限定しない。たとえば、レーザーアブレーション法、アーク放電法、化学気相成長法で合成すればよい。また、カーボンナノチューブは単層カーボンナノチューブでもよいし、多層カーボンナノチューブでもよい。チャネルに配列したカーボンナノチューブの隣接距離は、0.3nmから10μmの範囲にあればよい。カーボンナノチューブの配列方向は横方向のみに限定しない。上下方向にも同時に配列していくてもよい。

カーボンナノチューブの両端はソース電極およびドレイン電極に電気的に接続させる。

基板上にカーボンナノチューブを配列させる方法としては、自己組織化分子膜を使う方法がある。基板の一部分を例えばアミノプロピルエトキシシラン分子膜で覆い、他の部分を例えばヘキサメチルジシラザン分子膜で覆う。前者の分子膜は正に帶電する性質を持つ。カーボンナノチューブは負に帶電する性質を持つので、クーロン力により選択的に前者の分子膜に吸着する。後者の分子膜にはほとんど吸着しない。電子ビーム露光や光学露光の方法により分子膜のパターン形成が可能なので、ナノチューブを任意の位置に配置することができ、同様に配列する事もできる。

カーボンナノチューブを操作する方法として光ピンセットを用いる方法がある。これは、光を収束させるとミクロンサイズの粒子が凝集する。この方法を用いてカーボンナノチューブをチャネルに集積させる方法を用いてもよい。また、ナノチューブは電場の方向に向きやすい性質を用いて、ナノチューブを整列させてもよい。

ソース電極およびドレイン電極は金属であればよい。たとえば、金、銀、白金、チタン、炭化チタン、タンクステン、アルミニウム、モリブデン、クロムなどを用いればよい。ソース電極やドレイン電極をカーボンナノチューブの先端に取りつけてもよいし、側面に取りつけてもよい。ソース電極およびドレイン電極は

、チャネルを形成する前に形成してもよいし、チャネルを形成した後に形成してもよい。また電極形成の際に、よりよい電気的接続を目的として300°Cと1000°Cの範囲の熱処理を行なってもよい。また、カーボンナノチューブを拡散させたレジストを基板上に塗布し、このレジストを露光、現像し、電極を付着させてもよい。

カーボンナノチューブの上に直接ゲート電極を形成してもかまわないが薄い絶縁膜を介してゲート電極を形成してもよい。絶縁膜としては、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化チタン、フッ化カルシウムなどの無機材料、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリイミド、テトラフロロエチレン樹脂などの高分子材料、アミノプロピルエトキシシランなどの自己組織化分子膜などを用いればよい。カーボンナノチューブの側面にはダングリングボンドがないため化学的に不活性であり、絶縁体の選択には自由度がある。

ゲート電極には導体を用いればよい。例えば、金、銀、白金、チタン、炭化チタン、窒化チタン、タンクスチタン、ケイ化タンクスチタン、窒化タンクスチタン、アルミニウム、モリブデン、クロム、多結晶シリコン、あるいはその組み合せであればよい。

カーボンナノチューブをゲート電極として用いてもよい。その場合、非常に短いゲート長が得られる。使用するカーボンナノチューブは単層カーボンナノチューブ、多層カーボンナノチューブ、金属内包カーボンナノチューブでよい。金属性のカーボンナノチューブが好ましい。

第4図は、本発明の電界効果トランジスタの第2の実施例の上面を示す模式図である。1は基板、2はチャネル、3はソース電極、4はドレイン電極、5は絶縁体、6はゲート電極、7は荷電粒子供与体である。荷電粒子供与体は、カーボンナノチューブに対して電子あるいは正孔を供与する。これによってカーボンナノチューブに存在する荷電粒子の密度を制御する事ができる。

電子供与体として、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、セシウムなどのアルカリ金属を用いればよい。正孔供与体として、塩素、臭素、ヨウ素などのハロゲン原子あるいはハロゲン分子を用いればよい。また、酸素分子、アンモニア、塩化ベンザルコニウムなどの分子を荷電粒子供与体として用いてもよい。

第5図は、本発明の電界効果トランジスタの第3の実施例の上面を示す模式図である。荷電供与体7がカーボンナノチューブの内部に存在している。荷電供与体としてフラーレン類を用いてよい。たとえば、C<sub>60</sub>、C<sub>70</sub>、C<sub>76</sub>、C<sub>78</sub>、C<sub>82</sub>、C<sub>84</sub>、C<sub>92</sub>などを用いればよい。またオスミウム錯体やフッ素などにより化学修飾されたフラーレン類でもよい。またフラーレンがさらに別の原子あるいは分子を内包していてもよい。たとえば、La、Er、Gd、Ho、Nd、Y、Sc、Sc<sub>2</sub>、Sc<sub>3</sub>Nを内包したフラーレンを用いてよい。これらのフラーレンはとともに荷電粒子供与体として有効に作用する。

カーボンナノチューブに電子あるいは正孔を供給する方法としては、放射線照射および金属蒸着による製造方法を用いることができる。

#### 産業上の利用可能性

本発明によれば、従来のIII-V属の化合物電界効果トランジスタと同等のゲート長で飽和速度が非常に大きいカーボンナノチューブによりチャネルを構成する事ができるので、非常に高い周波数でデジタル電気信号あるいはアナログ電気信号を制御あるいは增幅する電界効果トランジスタが実現できる。

## 請求の範囲

1. 荷電粒子が走行するチャネルと、チャネルの一部にそれぞれ接続されるソース領域、ドレイン領域と、チャネルと電磁気的に結合するゲート電極とからなる電界効果トランジスタにおいて、前記チャネルがカーボンナノチューブで構成される事を特徴とする電界効果トランジスタ。
2. 前記カーボンナノチューブの電気特性が半導体型である事を特徴とする請求の範囲第1項に記載の電界効果トランジスタ。
3. 前記カーボンナノチューブに単層カーボンナノチューブあるいは多層カーボンナノチューブを含み、且つ、カーボンナノチューブに螺旋性がある場合あるいは無い場合を含む事を特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の電界効果トランジスタ。
4. 前記カーボンナノチューブに荷電粒子供与体が添加されている事を特徴とする請求の範囲第1項から第3項までのいずれか1項に記載の電界効果トランジスタ。
5. 前記荷電粒子供与体はアルカリ金属である事を特徴とする請求の範囲第4項に記載の電界効果トランジスタ。
6. 前記荷電粒子供与体はハロゲン原子あるいはハロゲン分子である事を特徴とする請求の範囲第4項に記載の電界効果トランジスタ。
7. 前記荷電粒子供与体は酸素分子、アンモニアまたは塩化ベンザルコニウムである事を特徴とする請求項第4項に記載の電界効果トランジスタ。
8. 前記カーボンナノチューブが荷電粒子供給体を内包している事を特徴とする請求の範囲第1項から第7項までのいずれか1項に記載の電界効果トランジスタ。
9. 前記カーボンナノチューブに内包されている荷電粒子供与体がフラーレン類である事を特徴とする請求の範囲第8項に記載の電界効果トランジスタ。
10. 前記フラーレンは化学修飾されている事を特徴とする請求の範囲第9項に記載の電界効果トランジスタ。

11. 前記フラー・レンは金属あるいは分子を内包している事を特徴とする請求の範囲第9項または第10項に記載の電界効果トランジスタ。
12. 前記ゲート電極が絶縁膜を介してチャネルに接続されていることを特徴とする請求項の範囲第1項から第11項までのいずれか1項に記載の電界効果トランジスタ。
13. 前記ゲート電極としてカーボンナノチューブを用いたことを特徴とする請求の範囲第1項から第12項までのいずれか1項に記載の電界効果トランジスタ。

Fig. 1

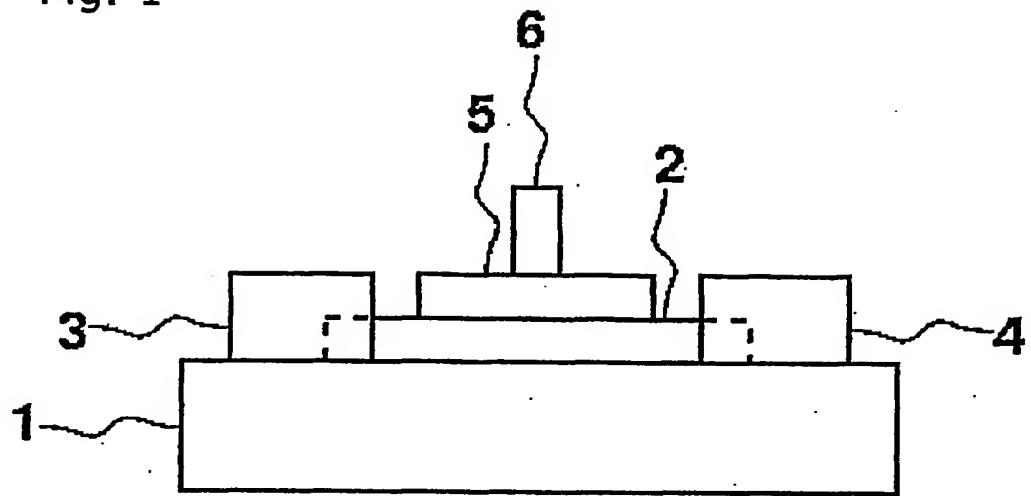


Fig. 2

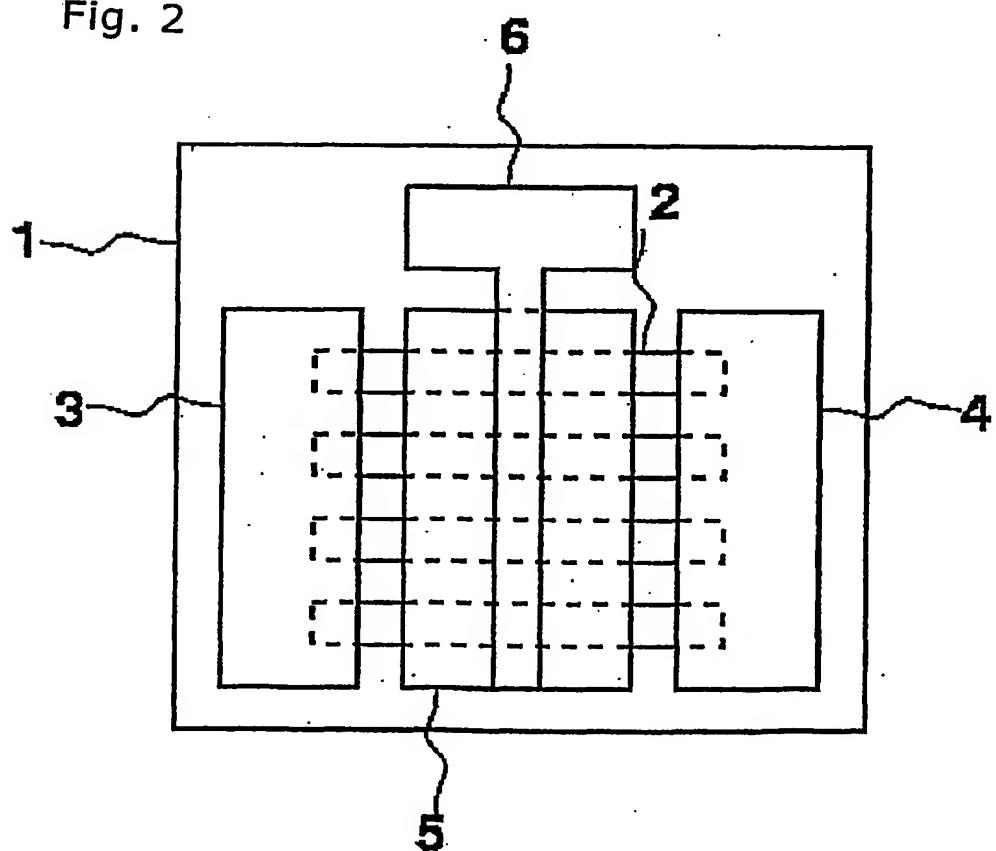


Fig. 3

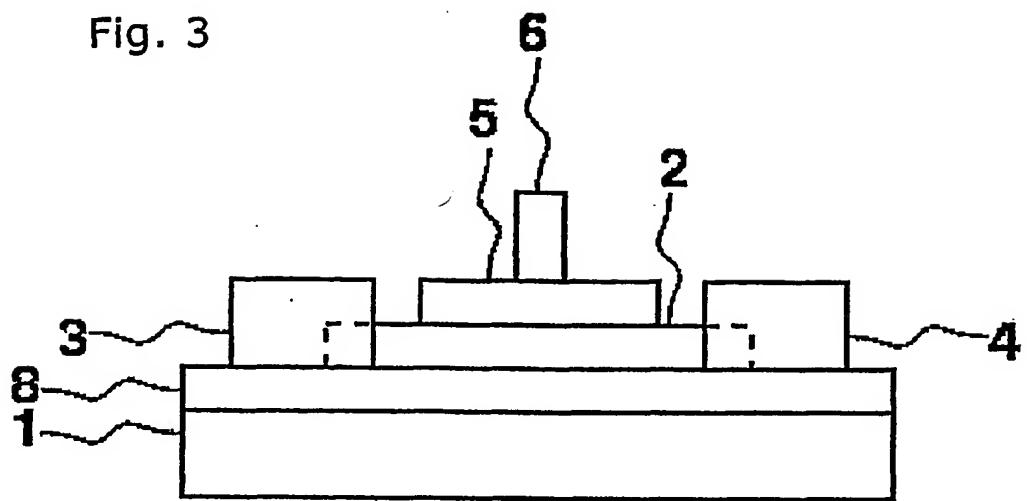


Fig. 4

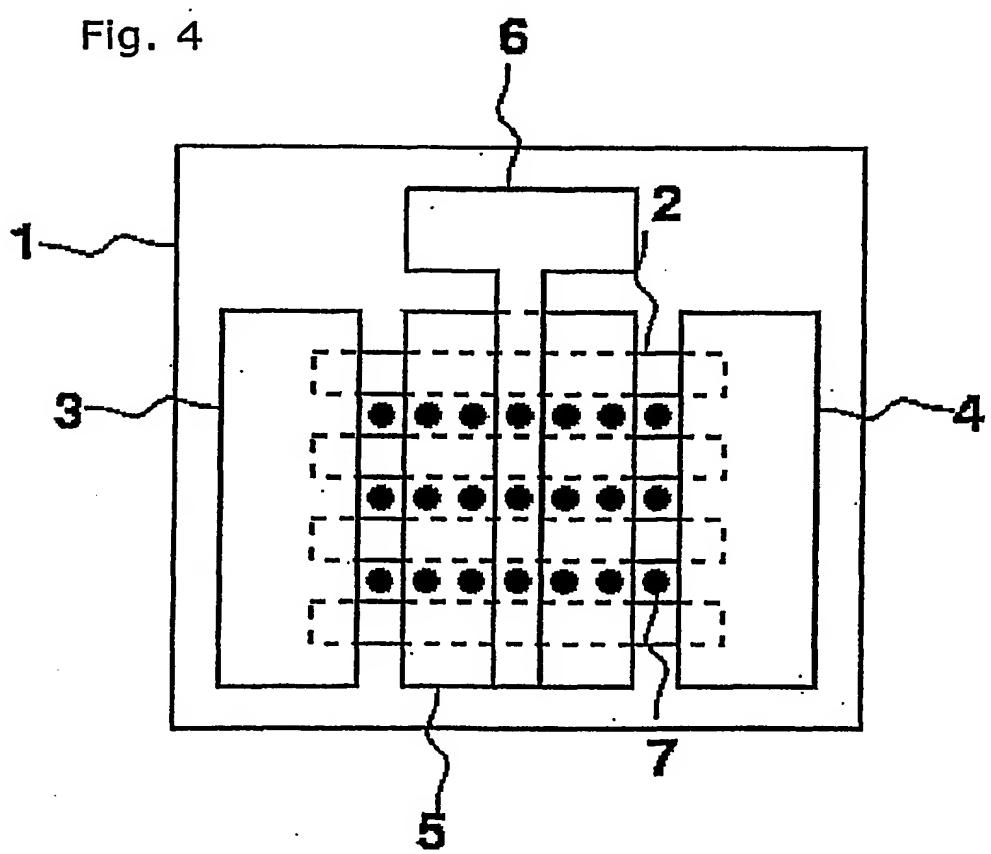


Fig. 5

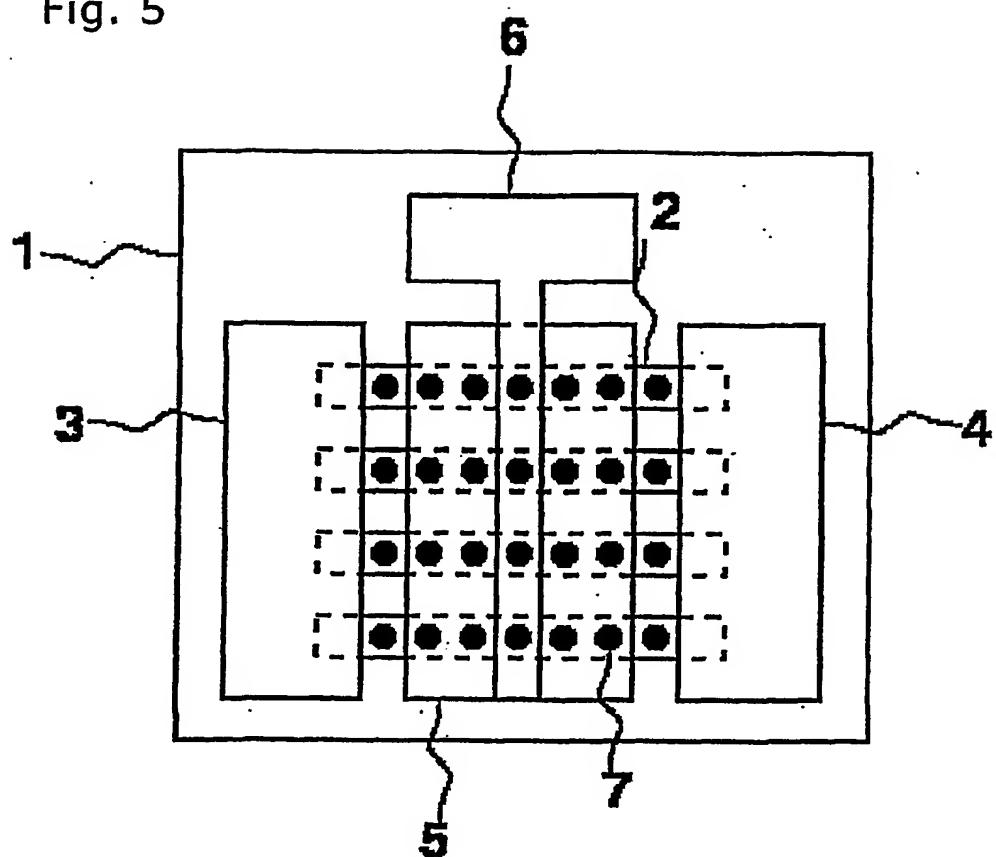


Fig. 6

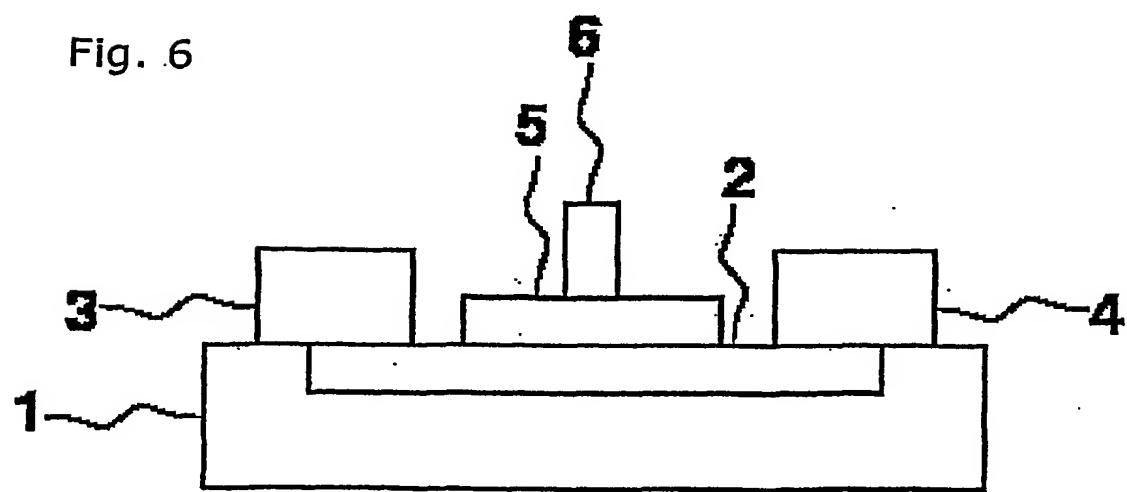
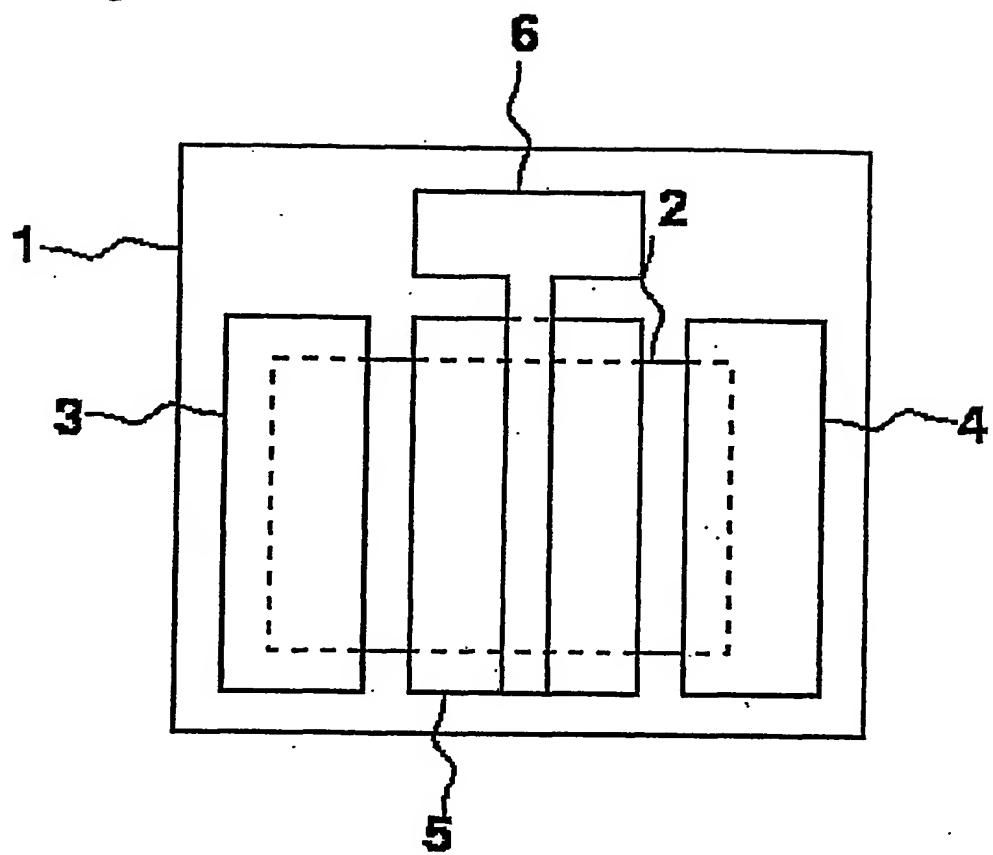


Fig. 7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06355

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl' H01L29/78

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl' H01L29/78, H01L21/336, H01L29/812, H01L21/338, H01L29/06, C01B31/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MCEUEN P.L. et al., Nanotube Nanoelectronics.	1-3,12
Y	Device Research Conference 2001, 25 June, 2001 (25.06.01), pages 107 to 110, full text	4-6,8,9,13
X	JP 9-260635 A (Hitachi, Ltd.), 03 October, 1997 (03.10.97), Claims 1 to 7; Par. Nos. [0008] to [0019] (Family: none)	1,3-6,12 2,8,9,13
Y	US 5457343 A (NEC Corp.), 10 October, 1995 (10.10.95), Column 8, lines 18 to 60; Fig. 1 & JP 6-227806 A Par. Nos. [0020], [0021]; Fig. 1	1-6,8,9

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
13 September, 2002 (13.09.02)Date of mailing of the international search report  
01 October, 2002 (01.10.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/06355

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-63396 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 08 March, 1994 (08.03.94), Claim 1; Par. No. [0001] (Family: none)	7
A	WO 96/18059 A (Hyperion Catalysis International Inc.), 13 June, 1996 (13.06.96), Claims 1, 2; abstract & JP 11-502494 A Claims 1, 2; abstract & EP 706403 A & US 6203814 B1 & KR 98700533 A & KR 263027 B & AU 9645980 A & AU 707522 B & MX 9704198 A	10
Y	JP 2000-156423 A (International Business Machines Corp.), 06 June, 2000 (06.06.00), Claims 1, 2, 4; table 1; Par. Nos. [0032], [0033] & KR 2000034979 A	13
A	HIRAHARA K. et al., "One-Dimensional Metallo -fullerene Crystal Generated Inside Single-Walled Carbon Nanotube", Physical Review Letters, 18 December, 2000 (18.12.00), Vol.85, No.25, pages 5384 to 5387, full text	1-13
A	PHILIP G. et al., "Engineering Carbon Nanotubes and Nanotube Circuits Using Electrical Breakdown", Science, 27 April, 2001 (27.04.01), Vol.292, pages 706 to 709, full text	1-13
P,X	JP 2002-118248 A (LG Electronics Inc.), 19 April, 2002 (19.04.02), Claims 18, 19, 20; Par. Nos. [0071] to [0076] & US 2002/0014667 A1 & GB 2364933 A & DE 10134866 A1 & CN 1334234 A & KR 2002007626 A	1-3,12,13
P,X	JP 2002-76324 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 15 March, 2002 (15.03.02), Par. Nos. [0032] to [0034], [0054] to [0065] & US 2002/0024099 A1	1-3,12,13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. C17 H01L 29/78

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 H01L 29/78, H01L 21/336, H01L 29/812,  
H01L 21/338, H01L 29/06, C01B 31/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	MCEUEN P. L. et al. Nanotube Nanoelectronics. Device Research Conference 2001, 2001. 06. 25, p. 107-110	1-3, 12
Y	全文	4-6, 8, 9, 13
X	JP 9-260635 A (株式会社日立製作所) 1997. 10. 03 請求項1-7、【0008】-【0019】 (ファミリー無し)	1, 3-6, 12
Y		2, 8, 9, 13

\* C欄の続きにも文献が列挙されている。

 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 09. 02

国際調査報告の発送日

01.10.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

今井 拓也



4M 9169

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C(続き) 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	US 5457343 A (NEC CORPORATION) 1995.10.10 第8欄第18-60行、Fig. 1 & JP 6-227806 A 【0020】【0021】【図1】	1-6, 8, 9
A	JP 6-63396 A (大阪瓦斯株式会社) 1994.03.08 【請求項1】【0001】 (ファミリー無し)	7
A	WO 96/18059 A (HYPERION CATALYSIS INTERNATIONAL INC.) 1996.06.13 請求項1、2、Abstract & JP 11-502494 A 請求項1、2、要約 & EP 706403 A & US 6203814 B1 & KR 98700533 A & KR 263027 B & AU 9645980 A & AU 707522 B & MX 9704198 A	10
Y	JP 2000-156423 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション) 2000.06.06 【請求項1】【請求項2】【請求項4】【表1】【0032】【0033】 & KR 2000034979 A	13
A	HIRAHARA K. et al. One-Dimensional Metallofullerene Crystal Generated Inside Single-Walled Carbon Nanotubes. Physical Review Letters, 2000.12.18, Vol. 85, No. 25, p. 5384-5387 全文	1-13
A	PHILIP G et al. Engineering Carbon Nanotubes and Nanotube Circuits Using Electrical Breakdown. Science, 2001.04.27, Vol. 292, p. 706-709 全文	1-13

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
PX	JP 2002-118248 A (エルジー電子株式会社) 2002.04.19 【請求項18】 【請求項19】 【請求項20】 【0071】 - 【0076】 &US 2002/0014667 A1 &GB 2364933 A &DE 10134866 A1 &CN 1334234 A &KR 2002007626 A	1-3, 12, 13
PX	JP 2002-76324 A (富士ゼロックス株式会社) 2002.03.15 【0032】 - 【0034】 【0054】 - 【0065】 &US 2002/0024099 A1	1-3, 12, 13